

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 693 147

⑫ N° d'enregistrement national :

92 08165

⑬ Int Cl⁵ : B 29 C 73/04, 67/14, 65/02

⑭

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 02.07.92.

⑯ Priorité :

⑰ Date de la mise à disposition du public de la
demande : 07.01.94 Bulletin 94/01.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

⑲ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑳ Demandeur(s) : LEOBON Laurent — FR, KÖNIGS
Karl — FR et LEOBON Hneri — FR.

㉑ Inventeur(s) : LEOBON Laurent, KÖNIGS Karl et
LEOBON Hneri.

㉒ Titulaire(s) :

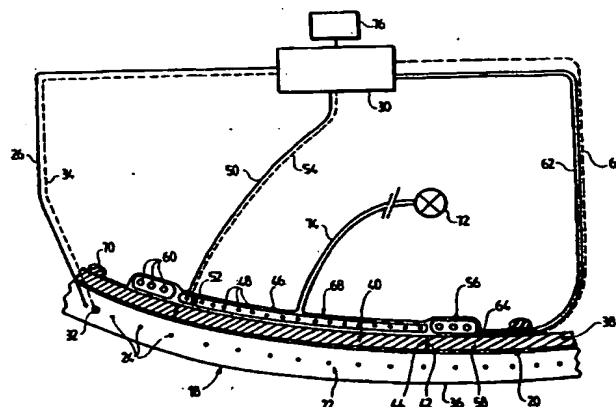
㉓ Mandataire : Cabinet Netter.

㉔ Procédé et installation pour la réparation de pièces en matériau composite, notamment de type sandwich.

㉕ L'invention concerne un procédé et une installation
pour la réparation de pièces en matériau composite.

Selon l'invention, on porte la pièce (20) à réparer à une
température limitée, on met en place, dans une zone à ré-
parer de la pièce (20), un élément rapporté (40) en maté-
riau polymérisable à chaud que l'on chauffe à sa tempé-
rature de polymérisation, et on refroidit une zone
périphérique restreinte (58) de la pièce, entourant étroite-
ment la zone à réparer, pour maintenir cette zone restreinte
à une température proche de la température limitée de la
pièce, ce qui circonscrit la température de polymérisation à
la zone à réparer.

Application notamment à la réparation de radômes d'aé-
ronefs.



Procédé et installation pour la réparation de pièces en matériau composite, notamment de type sandwich

5

L'invention concerne un procédé et une installation pour la réparation de pièces en matériau composite, notamment de type sandwich.

10 Par l'expression "matériau composite", on entend désigner ici un matériau de synthèse constitué essentiellement d'un liant polymérisable à chaud et de fibres d'armature enrobées par ce liant.

15 Le liant est constitué habituellement d'une résine, par exemple de type polyester, époxy ou phénolique, mélangée à un durcisseur propre à catalyser la réaction de polymérisation de la résine, lorsque le mélange est porté à une température supérieure à la température ambiante, par exemple à une température comprise
20 entre 120 et 180°C.

Les fibres, jouant le rôle d'armature, sont généralement des fibres de verre, de polyamide, de carbone, etc, tissées pour former une nappe.

25

Le matériau composite peut être de type monolithique pour former une simple "peau" ou bien de type sandwich pour former deux peaux entre lesquelles est placée une structure intercalaire, par exemple du type nid d'abeille.

30

Les matériaux composites de ce genre trouvent de nombreuses applications, par exemple pour la réalisation de panneaux, de carénages, de radômes d'aéronefs, etc.

35 Pour la réparation d'une pièce en matériau composite de ce genre, on utilise généralement un élément rapporté en matériau polymérisable à chaud que l'on met en place dans une zone à réparer de la pièce et que l'on chauffe ensuite à une température suffisante pour provoquer sa polymérisation et, par
40 conséquent, son assemblage à la pièce à réparer.

Pour assurer la polymérisation à chaud de l'élément rapporté et son assemblage à la pièce à réparer, on fait actuellement appel à deux procédés.

- 5 Le premier procédé consiste à placer la totalité de la pièce ainsi que l'élément rapporté dans un autoclave ou dans une enceinte portée à une température suffisante pour assurer la polymérisation à chaud.
- 10 Ce premier procédé a pour inconvénient majeur de soumettre des parties saines de la pièce à une température élevée, c'est-à-dire à la température nécessaire à la polymérisation de l'élément rapporté.
- 15 Cette température élevée, qui est généralement comprise entre 120 et 180°C, entraîne un vieillissement accéléré de la pièce, d'où il résulte des délaminages, décollements, formations de criques, etc, et plus généralement une perte des caractéristiques mécaniques.
- 20 Le second procédé consiste à placer un tapis chauffant sur l'élément rapporté préalablement mis en place dans la zone à réparer, pour assurer la polymérisation lorsqu'il s'agit de réparations localisées.
- 25 Ce second procédé a pour principal inconvénient de créer un différentiel de température important entre la partie chauffée et la partie non chauffée de la pièce à réparer. Cela a pour conséquence de créer des délaminages dans les parties saines de la pièce, notamment dans le cas de pièces réalisées en sandwich.
- 30

L'invention a essentiellement pour but de surmonter les inconvénients précités afin d'éviter un vieillissement accéléré des parties saines d'une pièce en matériau composite à réparer.

35

C'est encore un but de l'invention de procurer un procédé et une installation permettant d'effectuer des réparations sur des pièces en matériau composite, dans des conditions parfaitement

maîtrisées, pour éviter un échauffement des parties saines des pièces à réparer.

5 C'est encore un but de l'invention de procurer un tel procédé et une telle installation destinés tout particulièrement à la réparation de radômes pour les avions de transport civil.

10 L'invention concerne plus particulièrement un procédé de réparation d'une pièce en matériau composite, selon lequel un élément rapporté en matériau polymérisable à chaud est mis en place dans une zone à réparer de la pièce et chauffé à une température suffisante pour provoquer sa polymérisation.

15 Selon une caractéristique essentielle de l'invention, on conduit, de manière contrôlée, les opérations suivantes :

20 a) porter par chauffage la pièce à une température limitée, qui est supérieure à la température ambiante, inférieure à la température de polymérisation de l'élément rapporté et insuffisante pour provoquer un vieillissement accéléré de la pièce ;

25 b) chauffer à sa température de polymérisation l'élément rapporté, préalablement mis en place dans la zone à réparer de la pièce ; et

30 c) refroidir une zone périphérique restreinte de la pièce entourant étroitement la zone à réparer pour maintenir cette zone périphérique à une température proche de la température limitée de la pièce et circonscrire ainsi la température de polymérisation à la zone à réparer.

35 Ainsi, en portant la pièce à une température limitée, par exemple de 60°C, on évite des phénomènes de dilatation différentielle entre la pièce elle-même et l'élément rapporté au titre de la réparation, lequel est chauffé à température de polymérisation, c'est-à-dire à une température généralement comprise entre 120 et 180°C.

De plus, la température de polymérisation est circonscrite à la zone à réparer, c'est-à-dire à l'élément rapporté, du fait que la zone périphérique de la pièce, entourant étroitement la zone à réparer, est refroidie dans des conditions contrôlées. On empêche ainsi que la chaleur résultant du chauffage de l'élément rapporté soit transmise à des parties saines de la pièce à réparer, et notamment à la zone périphérique qui entoure immédiatement la zone à réparer.

10 Cette zone périphérique est ainsi maintenue à une température proche de la température de la pièce; qui est ramenée à des valeurs raisonnables, par exemple à une valeur maximale de 80°C pour les valeurs de température mentionnées précédemment.

15 Du fait que la température de polymérisation est circonscrite à la zone à réparer, les parties saines de la pièce ne sont pas échauffées et ne peuvent donc subir un vieillissement accéléré, contrairement aux procédés de la technique antérieure.

20 Selon une autre caractéristique du procédé de l'invention, on règle la température limitée de la pièce, la température et la durée de polymérisation de l'élément rapporté, ainsi que la température de la zone restreinte de la pièce. De cette façon, la réparation de la pièce s'effectue dans des conditions
25 parfaitement maîtrisées selon les caractéristiques de la pièce et celles du matériau polymérisable dont est formé l'élément rapporté.

Sous un autre aspect, l'invention concerne une installation
30 d'une pièce en matériau composite, qui comprend essentiellement :

- un conformateur chauffant propre à recevoir la pièce en recouvrant au moins la zone à réparer et à porter la pièce à une
35 température limitée, qui est supérieure à la température ambiante, inférieure à la température de polymérisation de l'élément rapporté et insuffisante pour provoquer un vieillissement accéléré de la pièce ;

- un tapis chauffant de dimensions adaptées à celles de la zone à réparer, propre à être appliqué contre l'élément rapporté préalablement mis en place dans la zone à réparer pour chauffer l'élément rapporté à sa température de polymérisation ;

5

- un élément de refroidissement propre à recouvrir une zone périphérique restreinte de la pièce entourant étroitement la zone à réparer pour maintenir cette zone périphérique à une température proche de la température limitée de la pièce et circonscrire la température de polymérisation à la zone à réparer ; et

10

- des moyens de régulation thermique couplés au conformateur chauffant, au tapis chauffant et à l'élément de refroidissement.

15

Selon une autre caractéristique de l'invention, le conformateur chauffant possède une forme adaptée à celle de la pièce de manière à recouvrir au moins la zone à réparer.

20

On réalise un tel conformateur (à moins qu'il n'existe pas déjà en raison de réparations antérieures ou répétitives, comme par exemple sur les radômes d'aéronefs) par la technique connue du "moule/contremoule" en prenant une empreinte de la pièce qui couvre au moins la zone à réparer.

25

Ce conformateur est réalisé en matériaux composites et/ou en métal et comprend un réseau chauffant à température réglable, lequel est avantageusement formé par des résistances chauffantes incorporées dans le conformateur.

30

La température du conformateur est limitée avantageusement à une valeur de 60°C, ce qui évite les phénomènes de vieillissement accéléré de la pièce à réparer.

35

En outre, selon une autre caractéristique de l'invention, ce conformateur comprend un revêtement calorifuge destiné à éviter les déperditions d'énergie.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le tapis chauffant comporte un tapis souple susceptible d'être découpé aux dimensions voulues, c'est-à-dire à celles de la zone à réparer, ainsi qu'un réseau chauffant à température réglable.

5

Ce tapis chauffant est avantageusement réalisé en mélange élastomère/silicone, c'est-à-dire en un matériau résistant à une température de 250°C. Le réseau chauffant du tapis est avantageusement formé d'un réseau de fils résistifs incorporés dans l'épaisseur du tapis ou collés sur une surface de ce dernier.

10

Le chauffage du tapis est assuré dans des conditions de température et de durée déterminées en fonction des conditions de polymérisation de l'élément rapporté. La température maximale du tapis chauffant est avantageusement de 180°C.

15

L'élément de refroidissement faisant partie de l'installation de l'invention comprend un matelas annulaire, de dimensions adaptées à celles de la zone périphérique restreinte, et logeant au moins une canalisation propre à être parcourue par un fluide réfrigérant ou refroidissant.

20

Le refroidissement de cette zone périphérique est effectué dans des conditions contrôlées et évite que, à la périphérie de la réparation, la température de la partie saine de la pièce à réparer s'élève de façon importante par conduction. Le fluide réfrigérant ou refroidissant circulant dans l'élément de refroidissement peut être gazeux ou liquide.

25

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'installation comprend une membrane propre à être appliquée de façon étanche sur la pièce en recouvrant le tapis chauffant et l'élément de refroidissement, ainsi qu'une pompe à vide propre à appliquer une pression réduite dans l'espace délimité par la membrane.

30

Cette membrane permet de mettre en dépression l'ensemble et d'assurer l'uniformité du collage de la réparation.

35

Les moyens de régulation thermique de l'installation comprennent des sondes de température associées respectivement au conformateur chauffant, au tapis chauffant et à l'élément de refroidissement.

5

Avantageusement, les moyens de régulation comprennent aussi des moyens pour régler la température du conformateur, la température et la durée de fonctionnement du tapis chauffant, ainsi que la température de l'élément de refroidissement.

10

Dans la description qui suit, faite à titre d'exemple, on se réfère aux dessins annexés, sur lesquels :

15 - la figure 1 est une vue partielle en élévation d'une installation selon l'invention, destinée à la réparation d'un radôme d'aéronef ;

- la figure 2 est une vue partielle en coupe selon la ligne II-II de la figure 1 ; et

20

- la figure 3 est un détail, à échelle agrandie, de l'installation de la figure 2.

L'installation représentée aux figures 1 et 2 comprend un 25 châssis 10 muni de quatre roulettes 12 pour son déplacement sur le sol. Sur le châssis 10 est monté un support incliné 14 portant une couronne à billes 16 sur laquelle est monté, de façon amovible, un conformateur 18.

30 Grâce à la couronne à billes 16, le conformateur 18 peut tourner sur lui-même autour d'un axe XX incliné d'un angle A, ici de 45°, par rapport à l'horizontale. Le conformateur 18 a ici la forme d'un parabololoïde de révolution dont l'axe coïncide avec son axe de rotation XX. Le conformateur 18 constitue une sorte 35 de moule propre à recevoir une pièce 20 en matériau composite qui, dans l'exemple, est un radôme d'aéronef. La pièce 20 est immobilisée dans le conformateur 18 par au moins une fixation 21.

Le conformateur 18 possède une forme adaptée à celle du radôme 20 et il peut être fabriqué à partir d'une empreinte du radôme, à moins qu'il n'existe déjà en raison de réparations antérieures ou répétitives sur un radôme du même type.

5

Le conformateur 18 est réalisé en matériau composite et/ou en métal et il comprend une paroi 22 dans laquelle sont incorporées des résistances chauffantes 24 alimentées par un câble électrique 26 passant au travers d'un trou 28 du support 14 (figure 2) et raccordé à une centrale de régulation 30. Dans l'épaisseur de la paroi 22 est également logée une sonde de température 32 reliée par un câble électrique 34, qui traverse également le trou 28, à la centrale de régulation 30. Sur la face externe de la paroi 22 est prévu un revêtement calorifuge 36 pour éviter les déperditions d'énergie. Le conformateur 18 est destiné à porter le radôme à une température limitée qui, dans l'exemple, est de 60°C.

20

Le radôme 20 possède une paroi 38 en matériau composite de synthèse par exemple du type sandwich, qui est placée au contact de la surface interne de la paroi 22 du conformateur 18. La paroi 38 du radôme 20 comporte une zone à réparer dans laquelle a été mis en place un élément rapporté 40 (figure 3) formé d'un matériau polymérisable à chaud, compatible avec le matériau dont est formée la paroi 38 du radôme. L'élément rapporté 40 est placé au contact de la surface interne de la paroi 22 du conformateur et il comporte un bord périphérique externe 42 venant au contact d'un bord périphérique interne 44 de la zone à réparer.

30

L'installation de l'invention comprend en outre un tapis chauffant 46 de dimensions adaptées à celles de la zone à réparer et donc de l'élément rapporté 40. Le tapis chauffant 46 est formé d'un matériau souple, par exemple en mélange élastomère/silicone résistant à une température d 250°C. Le tapis chauffant 46 incorpore un réseau de fils résistifs 48 qui sont raccordés à la centrale de régulation 30 par l'intermédiaire d'un câble électrique 50. En outre, le tapis chauffant 46

35

comporte une sonde de refroidissement 52 qui est raccordée à la centrale de régulation 30 par l'intermédiaire d'un câble électrique 54.

- 5 Le tapis chauffant 46 permet de porter l'élément rapporté 40 à une température réglable, généralement comprise entre 120 et 180°C, pour permettre sa polymérisation.

- 10 L'installation de l'invention comprend en outre un élément de refroidissement 56 propre à recouvrir une zone périphérique restreinte 58 du radôme 50 qui entoure étroitement la zone à réparer. Dans l'exemple, la zone périphérique 58 a une configuration généralement annulaire et elle est limitée intérieurement par le bord interne 44 du radôme 20.

15

L'élément de refroidissement 56 est un matelas adapté aux dimensions de la zone à réparer et il comporte des canalisations internes 60 pour la circulation d'un fluide réfrigérant ou refroidissant, liquide ou gazeux. Les canalisations 60 sont

20

raccordées par des conduites 62 à la centrale de régulation 30.

L'élément de refroidissement 56 comprend en outre une sonde de température 64 raccordée à la centrale 30 par un câble électrique 66.

25

La centrale de régulation 30 permet de régler la température de la zone 58 pour la limiter à des valeurs raisonnables, par exemple 80°C au maximum.

- 30 L'installation comprend en outre une membrane 68 propre à être appliquée de façon étanche sur le radôme en recouvrant le tapis chauffant 46 et l'élément de refroidissement 56. L'étanchéité entre la membrane 68 et le radôme 20 est assurée par un boudin d'étanchéité périphérique 70. La membrane 68 est reliée à une
- 35 pompe à vide 72 par l'intermédiaire d'un conduit 74, ce qui permet d'appliquer une pression réduite dans l'espace délimité par la membrane 68.

L'installation de l'invention fonctionne de la façon suivante.

Après mise en place du radôme 20 dans le conformateur chauffant 18, on place l'élément rapporté 40 dans la zone à réparer.

5

On installe ensuite le tapis chauffant 46, préalablement réalisé aux dimensions de la zone à réparer ; et on le raccorde à la centrale de régulation 30. On installe également la sonde de température 52 que l'on raccorde aussi à la centrale 30. Cett
10 dernière est réglée sur la température et la durée de polymérisation souhaitées.

Autour de la zone à réparer, on installe l'élément de refroidissement 56 que l'on relie à la centrale 30 par les conduites 62.
15 On installe également, dans la zone périphérique 58, la sonde de température 64 que l'on raccorde à la centrale de régulation 30.

Cette centrale pilote la circulation du fluide de refroidissement et elle est réglée de manière que la température de la zone
20 périphérique restreinte 58 soit très inférieure à la température de polymérisation, tout en étant à peine supérieure à la température du conformateur chauffant 18, laquelle est limitée à environ 60°C dans l'exemple considéré.

25 On place ensuite la membrane 68 et l'on met en dépression l'ensemble.

Après contrôle de l'installation, on vérifie les températures affichées et on met en fonctionnement : la pompe à vide 72, le
30 réseau chauffant du conformateur 18, le tapis chauffant 46, l'élément de refroidissement 56 ainsi qu'un enregistreur de température 76 qui est couplé à la centrale de régulation 30.

Le radôme 20 est ainsi porté à une température limitée à environ
35 60°C, ce qui homogénéise les phénomènes de dilatation entre l'ensemble du radôme à réparer et l'élément rapporté 40, tout en diminuant l'écart entre la température du radôme et la tempéra-

ture de polymérisation de l'élément rapporté 40 placé dans la zone à réparer.

5 L'élément de refroidissement 56 circonscrit la température de polymérisation à l'élément rapporté 40 dans la zone à réparer.

De ce fait, les parties saines du radôme ne sont pas soumises à des températures élevées et le matériau composite dont est formé le radôme ne subit pas de phénomènes de vieillissement accéléré.

10

On effectue alors une réparation qui laisse la pièce dans son cycle normal de vieillissement, ce qui est très important notamment en maintenance aéronautique.

15 Bien entendu, l'invention est susceptible de nombreuses variantes et n'est pas limitée à la réparation d'un radôme d'aéronef.

20 Dans chaque cas, le conformateur est adapté à la forme de la pièce à réparer. De même, la réparation peut être faite au moyen d'un ou de plusieurs éléments rapportés.

Revendications

1. Procédé de réparation d'une pièce en matériau composite, dans lequel un élément rapporté (40) en matériau polymérisable à chaud est mis en place dans une zone à réparer de la pièce (20) et chauffé à une température suffisante pour provoquer sa polymérisation, caractérisé en ce que l'on conduit de manière contrôlée les opérations suivantes :

10 a) porter par chauffage la pièce (20) à une température limitée, qui est supérieure à la température ambiante, inférieure à la température de polymérisation de l'élément rapporté (40) et insuffisante pour provoquer un vieillissement accéléré de la pièce ;

15 b) chauffer à sa température de polymérisation l'élément rapporté (40), préalablement mis en place dans la zone à réparer de la pièce (20) ; et

20 c) refroidir une zone périphérique restreinte (58) de la pièce (20) pour maintenir cette zone restreinte à une température proche de la température limitée de la pièce (20) et circonscrire ainsi la température de polymérisation à la zone à réparer.

25 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on règle la température limitée de la pièce (20), la température et la durée de polymérisation de l'élément rapporté (40) et la température de la zone restreinte (58) de la pièce (20).

30 3. Installation de réparation d'une pièce en matériau composite, comprenant des moyens pour mettre en place un élément rapporté (40) en matériau polymérisable à chaud dans une zone à réparer de la pièce (20) et des moyens pour chauffer l'élément rapporté
35 (40) à une température suffisante pour provoquer la polymérisation, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- 5 - un conformateur chauffant (18) propre à recevoir la pièce (20) en recouvrant au moins la zone à réparer et à porter la pièce à une température limitée, qui est supérieure à la température ambiante, inférieure à la température de polymérisation de l'élément rapporté (40) et insuffisante pour provoquer un vieillissement accéléré de la pièce ;
- 10 - un tapis chauffant (46) de dimensions adaptées à celles de la zone à réparer, propre à être appliqué contre l'élément rapporté (40) préalablement mis en place dans la zone à réparer pour chauffer l'élément rapporté (40) à sa température de polymérisation ;
- 15 - un élément de refroidissement (56) propre à recouvrir une zone périphérique restreinte (58) de la pièce (20) entourant étroitement la zone à réparer pour maintenir cette zone restreinte à une température proche de la température limitée de la pièce et circonscrire la température de polymérisation à la zone à réparer ; et
- 20 - des moyens de régulation thermique (30) couplés au conformateur chauffant (18), au tapis chauffant (46) et à l'élément de refroidissement (56).
- 25 4. Installation selon la revendication 3, caractérisée en ce que le conformateur chauffant (18) possède une forme adaptée à celle de la pièce (20) pour recouvrir au moins la zone à réparer.
- 30 5. Installation selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisée en ce que le conformateur chauffant (18) comprend un réseau chauffant (24) à température réglable et un revêtement calorifuge (36).
- 35 6. Installation selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisée en ce que le tapis chauffant (46) comporte un tapis souple susceptible d'être découpé aux dimensions voulues et un réseau chauffant (48) à température réglable.

7. Installation selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisée en ce que l'élément de refroidissement (56) comprend un matelas annulaire de dimensions adaptées à celles de la zone périphérique restreinte (58), logeant au moins une canalisation (60) propre à être parcourue par un fluide réfrigérant ou refroidissant.

8. Installation selon l'une des revendications 3 à 7, caractérisée en ce qu'elle comprend une membrane (68) propre à être appliquée de façon étanche sur la pièce (20) en recouvrant le tapis chauffant (46) et l'élément de refroidissement (56), ainsi qu'une pompe à vide (72) propre à appliquer une pression réduite dans l'espace délimité par la membrane.

9. Installation selon l'une des revendications 3 à 8, caractérisée en ce que les moyens de régulation thermique comprennent des sondes de température (32, 52, 64) associées respectivement au conformateur chauffant (18), au tapis chauffant (46) et à l'élément de refroidissement (56).

10. Installation selon l'une des revendications 3 à 9, caractérisée en ce que les moyens de régulation thermique comprennent des moyens (30) pour régler la température du conformateur chauffant (18), la température et la durée de fonctionnement du tapis chauffant (46) et la température de l'élément de refroidissement (56).

1/2

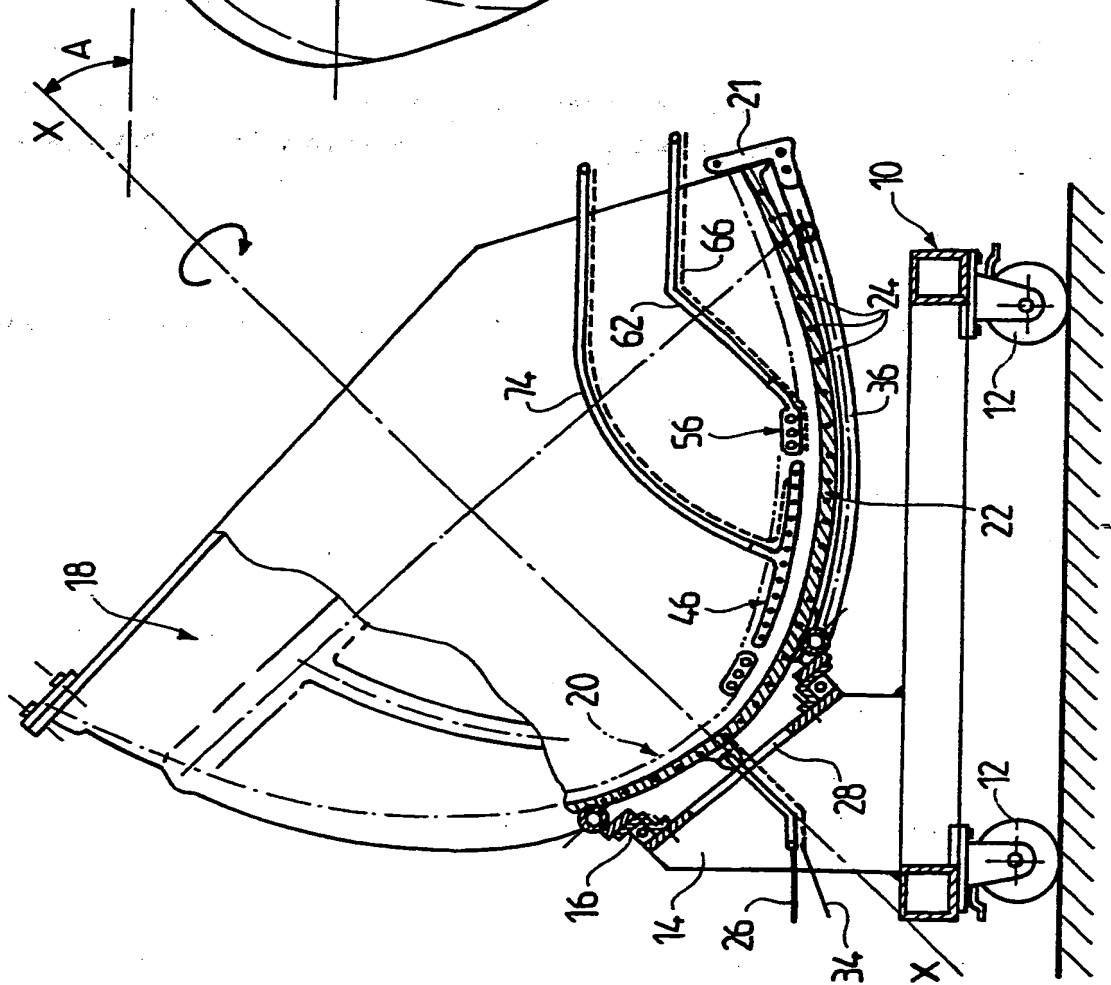
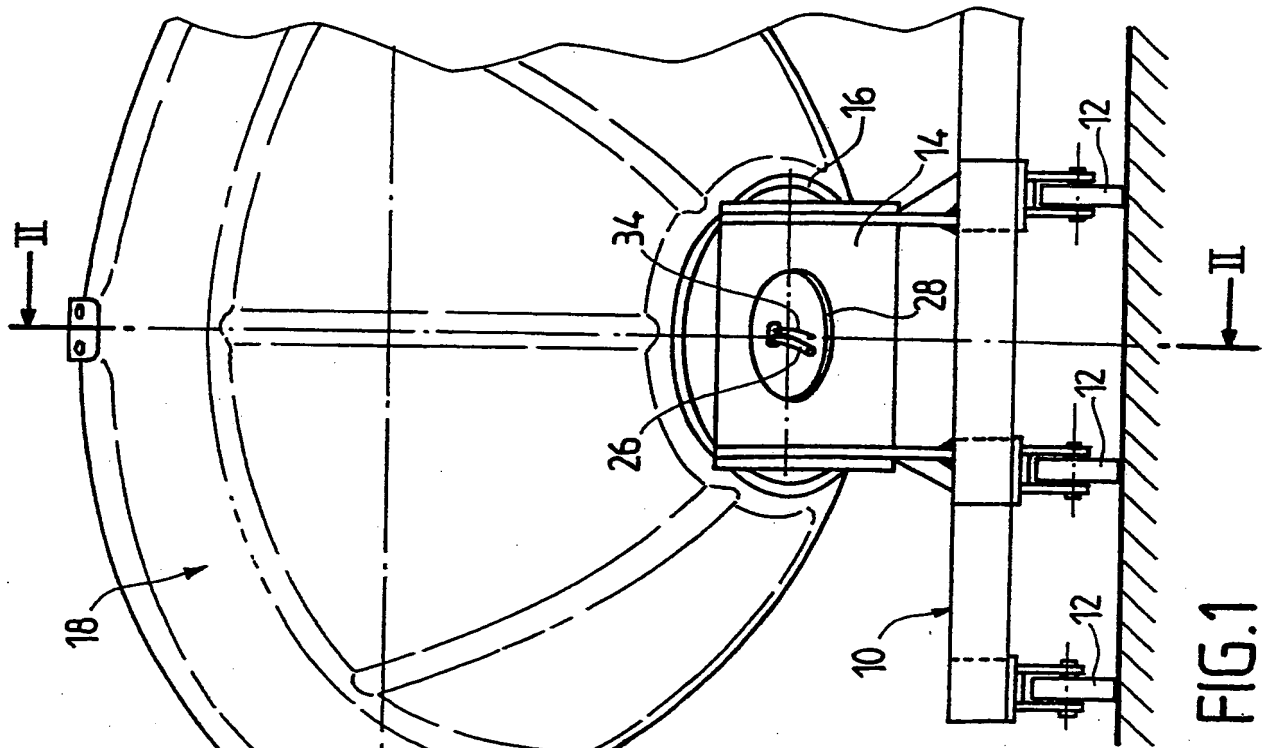


FIG. 1

FIG. 2

2/2

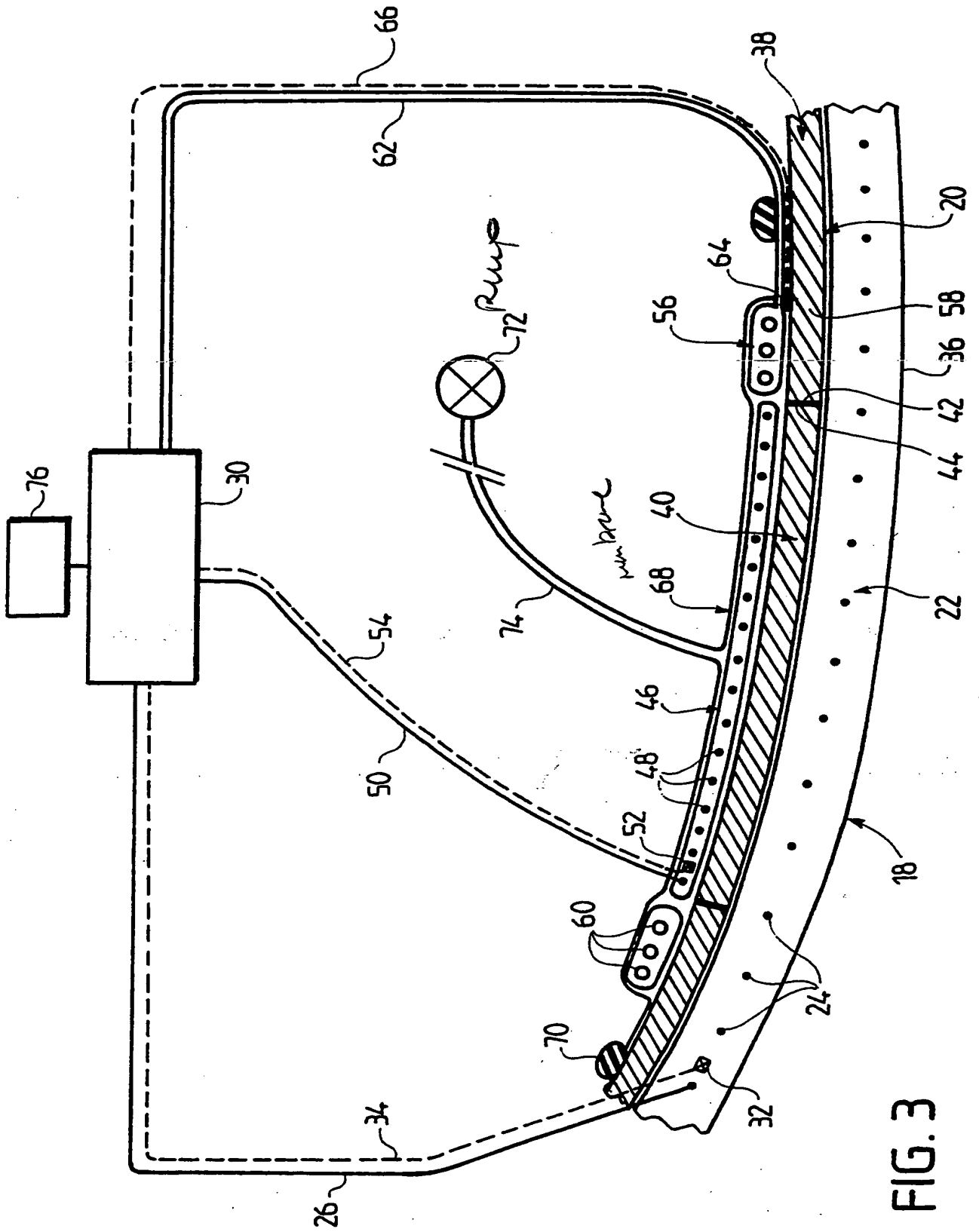


FIG. 3

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9208165

FA 476726

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US-A-4 352 707 (GRUMMAN AEROSPACE CORPORATION) * colonne 2, ligne 19 - ligne 68 * * figure 1 *	1-3,6, 8-10	
A	FR-A-2 228 589 (SOCIÉTÉ NATIONALE INDUSTRIELLE AEROSPATIALE) * page 2, ligne 8 - page 3, ligne 10 * * figure 3 *	1-6,8	
A	DE-A-2 639 999 (CONTINENTAL GUMMI-WERKE AG) * page 4, ligne 28 - ligne 36; figure 3 *	1,3,7	
A	US-A-3 975 558 (LAWRENCE SPEER) * revendication 1 *	1	
A	US-A-4 808 253 (GRUMMAN AEROSPACE CORPORATION) * abrégé; figure *	1,3	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B29C B29H B32B B63B B64F
Date d'achèvement de la recherche 16 MARS 1993			Examinateur LANASPEZE J.P.Y.
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

FR 2 693 147

Method and apparatus for the repair of composite material
5 components, particularly of the layered type

This invention relates a method and apparatus for the
repair of composite material components, particularly of
10 the sandwich type.

The expression "composite material" is understood herein to
mean a synthetic material essentially formed from a heat -
polymerisable binder and structural fibres embedded in
15 this binder.

The binder is normally formed from a resin, for example of
the type that is polyester, epoxy or phenol - like, mixed
with a hardener in order to catalyse the polymerisation
20 reaction of the resin, when the mixture is raised to a
temperature above room temperature, for example to a
temperature between 120 and 180 ° C.

The fibres, acting as a framework, are generally made of
25 glass, polyamide, carbon, etc, woven together to form a
layer.

The composite material can be monolithic so as to form a
simple "skin" or otherwise can be of the sandwich type so
30 as to form two skins between which there is placed an
intermediate structure, for example of the honey comb
type.

Composite materials of this type have many applications,
35 for example in the fabrication of panels, in streamlining,

THIS PAGE BLANK (USPTO)

in aeronautical radomes, etc.

In repairing a composite material component of this type, one generally uses a related part made from heat -
5 polymerisable material that is put in position in an area of the component that is to be repaired, and that is subsequently heated to a temperature sufficient to cause its polymerisation, and, consequently, its assembly with the component to be repaired.

10

In order to insure the polymerisation under heat of the related part and its assembly with the component to be repaired, two methods will now be referred to.

15 The first method consists in placing the entire component as well as the related part in an autoclave or in an enclosure heated to a temperature that is sufficient to cause polymerisation through heating.

20 This first method has the major disadvantage that it subjects sound parts of the component to an elevated temperature, that is to say, the temperature necessary for the polymerisation of the related part.

25 This elevated temperature, which is generally between 120 and 180 °C, brings about accelerated ageing of the component, or results in departure from a laminar structure, un - sticking, the formation of cracks, etc, and more generally, deterioration of the mechanical
30 characteristics.

The second method consists in placing a heated carpet on the related part previously placed in position in the area to be repaired, in order to ensure the polymerisation, in
35 the case of localised repairs.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

This second method has a main disadvantage in that it brings about a significant temperature difference between the heated area and the non heated area of the component to be repaired. Consequently, a departure from a laminated structure occurs in the sound areas of the component, notably in the case of components formed with a sandwich structure.

10 The object of the invention is essentially to overcome the aforementioned inconveniences in order to avoid accelerate ageing of the sound areas of a composite material component that is to be repaired.

15 Another object of the invention is to provide a method and an apparatus which allows repairs to be carried out on composite material components, in perfectly controlled conditions, in order to avoid heating the sound areas of the component to be repaired.

20 Yet another object of the invention is to provide a method and apparatus intended particularly for the repair of radomes for civilian transport planes.

25 The invention concerns more particularly a method for the repair of a composite material component, according to which a related part made from heat - polymerisable material is placed in an area of the component to be repaired and is heated to a temperature that is
30 sufficiently high to bring about polymerisation.

According to an essential characteristic of the invention, one performs, in a controlled manner, the following steps:

35 a) through heating, raising the temperature of the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

component to a limited temperature, which is above room temperature, below the temperature for polymerisation of the related part and insufficient to bring about accelerated ageing of the component;

- 5 b) heating the related part to its polymerisation temperature, the related part having been previously put in place in the area of the component to be repaired ; and
- 10 c) cooling down a peripheral restraining zone of the component closely encircling the area to be repaired to maintain this peripheral zone at a temperature that is close to the limited temperature of the component, and thereby limit the polymerisation temperature to within the area to be repaired.

15

Thus, by raising the component to a limited temperature, for example 60 °C, one avoids differential expansion phenomena between the component itself and the related part for the repair, which is heated to a polymerisation temperature, that is to say, to a temperature that is generally between 120 and 180 °C.

Moreover, the polymerisation temperature is limited to within the area to be repaired, that is to say the corresponding component, so that the peripheral zone of the component, closely surrounding the area to be repaired, is cooled under controlled conditions. One thereby prevents the heat resulting from the heating of the related part being transmitted to the sound areas of the component to be repaired, in particular the peripheral zone which closely surrounds the area to be repaired.

This peripheral zone is thereby at a temperature that is close to the temperature of the component; which is contained to reasonable values, for example a maximum

THIS PAGE BLANK (USPTO)

value of 80 °C for the temperature values mentioned above.

5 Because the polymerisation temperature is limited to within the area to be repaired, the healthy areas of the component are not over heated and therefore cannot undergo accelerated ageing, in contrast to the prior art methods.

10 According to another characteristic of the method of the invention, one adjusts the limited temperature, the temperature and the duration of the polymerisation of the related part, as well as the temperature of the restraining zone of the component. In this way, the repair of the component is effected under perfectly controlled conditions according to the characteristics of
15 the component and the those of the polymerisable material from which the related part is formed.

Another aspect of the invention concerns a composite material apparatus, which comprises essentially:

20 - a heated shaping unit for receiving the component and covering at least the area to be repaired and for heating the component to a limited temperature, which is above room temperature, below the polymerisation temperature of the related part, and insufficient to cause accelerated ageing of the component;

30 - a heated carpet whose dimensions are adapted to those of the area to be repaired, adapted to be applied against the related part previously placed in the area to be repaired to heat the related part to its polymerisation temperature;

35 - a cooling element adapted to cover the peripheral restraining zone of the component closely surrounding the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

area to be repaired in order to maintain this peripheral zone at a temperature close to the limited temperature of the component and limit the polymerisation temperature to the area to be repaired; and

5

- thermal control means coupled to the heated shaping unit, to the heated carpet and to the cooling element.

10 According to another aspect of the invention, the heated shaping unit has a shape that is adapted to that of the component so as to cover at least the area to be repaired.

15 One can realise such a shaping unit (unless it already exists due to previous or repetitive repairs, such as for example with aeronautical radomes) using the known "mould / counter mould" technique, by taking an imprint of the component which covers at least the area to be repaired.

20 The shaping unit is made from composite material and / or metal and comprises a heating network having a controllable temperature, which is preferably formed from heater resistors incorporated within the shaping unit.

25 The temperature of the shaping unit is preferable limited to a value of 60 °C, which avoids accelerated ageing phenomena of the component to be repaired.

30 In addition, according to another characteristic of the invention, this shaping unit comprises a calorific cladding intended to avoid energy losses.

According to another characteristic of the invention, the heated carpet comprises a flexible layer which can be cut to the desired dimensions that is to say, those of the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

area to be repaired, and also a variable temperature heater network.

5 This heated carpet is preferably made from a mixture of elastomer/silicone, that is to say a material resistant to a temperature of 250 ° C. The heater network of the carpet is preferably formed from a network of resistive wires incorporated within the thickness of the carpet or glued on to the surface of the latter.

10

Heating of the carpet is carried out under controlled conditions where temperature and duration are determined as a function of the polymerisation conditions of the related part. The maximum temperature of the heated carpet is preferably 180 ° C.

15

The cooling element that is part of the apparatus of the invention comprises an annular overlay, whose dimensions are adapted to those of the peripheral restraining zone, and has at least one channel through which refrigerating cooling fluid may flow.

20

The cooling of this peripheral zone is effected under controlled conditions which avoids, at the periphery of the repair, the temperature of the sound part of component rising significantly through conduction. The refrigerating or cooling fluids circulating within the cooling element can be gaseous or liquid.

25

30 According to another characteristic of the invention, the apparatus comprises a membrane intended to be applied in an air - tight fashion over the component whilst covering the heated carpet and the cooling element, and also a vacuum pump for applying a reduced pressure to the space delimited by the membrane.

35

THIS PAGE BLANK (USPTO)

This membrane allows one to de - pressurise the assembly and to assure uniform sticking in the repair.

5 The thermal control means of the apparatus comprise temperature probes respectively associated with the heated shaping unit, the heated carpet and the cooling element.

10 Preferably, the thermal control means also comprise means for adjusting the temperature of the shaping unit, the temperature and the on - time of the heated carpet, and also the temperature of the cooling element.

15 In the description that follows, provided by way of example, the appended drawings are referred to, where:

- figure 1 is a partial elevation showing an apparatus according to the invention, intended for the repair of an aeronautical radome;

20 - figure 2 is a partial cross sectional view through line II-II of figure 1; and

25 - figure 3 shows a detail, on an enlarged scale, of the apparatus in figure 2.

The apparatus shown in figures 1 and 2 comprises a chassis 10 having four wheels 12 to allow it to move on the ground. The chassis 10 is mounted on an inclined support 30 14 having a ball bearing roller ring 16 on which is mounted, in a detachable fashion, a shaping unit 18.

Due to the ball bearing roller ring 16, the shaping unit 18 can turn on itself about an axis XX inclined at an 35 angle A, here 45 ° to the horizontal. The shaping unit 18

THIS PAGE BLANK (USPTO)

constitutes a type of mould intended to receive a composite material component 20 which, in this example, is an aeronautical radome. The component 20 is held fixed in the shaping unit 18 by at least one fixation member 21.

5

The shaping unit 18 is made from composite material and/or metal and it comprises a wall 22 within which are incorporated heater resistors 24 fed by an electric cable 26 which passes through a hole 28 in the support 14 (figure 2) and is connected to a control centre 30. Within the thickness of the wall 22 there is also housed a temperature probe 32 connected by an electric cable 34, which also goes through the hole 28, to the control centre 30. On the external face of the wall 22 there is provided a heat - insulating cladding 36 to avoid energy losses. The shaping unit 18 is intended to raise the radome to a limited temperature which, in this example, is 60 °C.

The radome has a wall 38 made from synthetised composite material for example of the sandwich type, which is placed in contact with the internal surface of the wall 22 of the shaping unit 18. The wall 38 of the radome 20 comprises an area to be repaired within which there has been placed a related part 40 (figure 3) formed from a heat - polymerisable material, compatible with the materials from which the radome 38 is formed. The related element 40 is placed in contact with the internal surface of the wall 22 of the shaping unit 18 and it has an external peripheral edge 44 which comes into contact with an internal peripheral edge 44 of the area to be repaired.

The apparatus of the invention comprises furthermore a heated carpet 46 whose dimensions are adapted to those of the area to be repaired and therefore those of the related part 40. The heated carpet 46 is formed from a flexible

(THIS PAGE BLANK (USPTO))

material, for example a mixture of elastomer/silicone that is resistant to a temperature of 250 ° C. The heated carpet 46 incorporates a network of resistive wires 48 which are connected to the control centre 30 by an electric cable 50. Moreover, the heated carpet 46 comprises a cooling probe 52 which is connected to the control centre 30 by an electric cable 54.

The heated carpet 46 allows one to raise the related part 40 to an adjustable temperature, generally between 120 and 180 ° C, to allow polymerisation.

The apparatus of the invention furthermore comprises a cooling element 56 suitable for covering a peripheral restraining zone 58 of the radome 50 which closely surrounds the area to be repaired. In this example, the peripheral restraining zone 58 has a generally annular configuration and it is internally delimited by the internal edge 44 of the radome 20.

The cooling element 56 is a mat adapted to the dimensions of the area to be repaired and it has internal channels 60 for the circulation of refrigerating or cooling fluids, liquid or gaseous. The channels 60 are connected to the control centre 30 by the conduits 62.

The cooling element 56 comprises furthermore a temperature sensor 64 connected to the control centre 30 by an electric cable 66.

The control centre 30 allows one to regulate the temperature of the zone 58 to limit it to reasonable values, for example a maximum of 80 ° C.

The apparatus comprises furthermore a membrane 68 for

THIS PAGE BLANK (user)

being applied in a air - tight manner over the radome by covering the heated carpet 46 and the cooling element 56. The air - tightness between the membrane 68 and the radome 20 is assured by a peripheral air - tight beading 70. The
5 membrane 68 is connected to a vacuum pump 72 by a conduit 74, which allows one to apply a reduced pressure to the space delimited by the membrane 68.

The apparatus is operated in the following manner.

10

After having placed the radome 20 in the heated shaping unit 18, one places the related part 40 in the area to be repaired.

15

One puts in place the heated carpet 46, previously adapted to the dimensions of the area to be repaired; and one connects it to the control centre 30. One also puts in place the temperature probe 52 which one also connects to the centre 30. The latter is adjusted to the temperature
20 and the duration of the desired polymerisation.

20

Around the area to be repaired, one puts in place the cooling element 56 which one connects to the centre 30 by the conduits 62. One puts in place also, in the
25 peripheral zone 58, the temperature probe 64 which one connects to the control centre 30.

25

This centre controls the circulation of cooling fluid and it is adjusted such that the temperature of the peripheral
30 restraining zone 58 is much less than the polymerisation temperature, whilst being marginally greater than the temperature of the heated shaping unit 18, which is limited to about 60 ° C in the example at hand.

30

35 One then places the membrane 60 and one de - pressurises

THIS PAGE BLANK (USPTO)

the assembly.

After a check of the apparatus, one checks the displayed temperatures and one puts into operation : the vacuum pump 72, the heater network of the shaping unit 18, the heated carpet 46, the cooling element 56 as well as a temperature recorder which is coupled to the control centre 30.

The radome 20 is thus heated to a limited temperature of about 60 °C, which homogenises dilatation phenomena between the whole of the radome to be repaired and the related part 40, whilst reducing the difference between the temperature of the radome and the polymerisation temperature of the related part 40 placed in the area to be repaired.

The cooling element 56 limits the polymerisation temperature of the related part 40 in the area to be repaired.

Because of this, the sound parts of the radome are not subjected to elevated temperatures and the composite material from which the radome is formed is not subjected to accelerated ageing phenomena.

One then effects a repair that leaves the component in its normal ageing cycle, which is very important notably in aeronautical maintenance.

It will be appreciated that the invention can have many variations and is not limited to the repair of an aeronautical radome.

In each case, the shaping unit is adapted to the shape of the component to be repaired. Likewise, the repair can

THIS PAGE BLANK (USPIC)

be carried out by means of a plurality of related parts.

Claims

5 1. A method for the repair of a composite material component, in which a related part (40) made from heat - polymerisable material is placed in an area of the component to be repaired (20) and is heated to a temperature that is sufficiently high to bring about
10 polymerisation, characterised in that one performs in a controlled manner the following steps:

a) through heating, raising the temperature of the component (20) to a limited temperature, which is above
15 room temperature, below the temperature for polymerisation of the related part (40) and insufficient to bring about accelerated ageing of the component;

b) heating the related part (40) to its polymerisation temperature, the related part having been previously put
20 in place in the area of the component to be repaired (20); and

c) cooling down a peripheral restraining zone (58) of the component (20) to maintain this restraining zone at a temperature that is close to the limited temperature of
25 the component (20), and thereby limit the polymerisation temperature to within the area to be repaired.

2. A method according to claim 1, characterised in that one adjusts the limited temperature of the component (20),
30 the temperature and the duration of polymerisation of the related part (40) and the temperature of the restraining zone (58) of the component (20).

3. Apparatus for the repair of a composite material
35 component, comprising means for putting in place a related

THIS PAGE BLANK (USPTO)

part (40) made from heat polymerisable materials in an area to be repaired of the component (20) and means for heating the related part (40) to a temperature that is sufficient to cause polymerisation, characterised in that
5 it comprises:

- a heated shaping unit (18) for receiving the component (20) and covering at least the area to be repaired and for heating the component to a limited temperature, which is
10 above room temperature, below the polymerisation temperature of the related part (40), and insufficient to cause accelerated ageing of the component;

- a heated carpet (46) whose dimensions are adapted to
15 those of the area to be repaired, adapted to be applied against the related part (40) previously placed in the area to be repaired to heat the related part (40) to its polymerisation temperature;

- a cooling element (56) adapted to cover the peripheral
20 restraining zone (58) of the component (20) closely surrounding the area to be repaired in order to maintain this peripheral zone at a temperature close to the limited temperature of the component and limit the polymerisation
25 temperature to the area to be repaired ; and

- thermal control means (30) coupled to the heated shaping unit (18), to the heated carpet (46) and to the cooling element (56).

30

4. Apparatus according to claim 3, characterised in that the heated shaping unit (18) has as shape adapted to that of the component (20) in order to cover at least the are
to be repaired.

35

THIS PAGE BLANK (USPTO)

5. Apparatus according to one of claims 3 or 4, characterised in that the heated shaping unit (18) comprises an adjustable temperature heater network (24) and an insulating cladding (36).

5

6. Apparatus according to one of claims 3 to 5, characterised in that the heated carpet (46) comprises a flexible carpet which can be cut the desired dimensions and an adjustable temperature heater network (48).

10

7. Apparatus according to one of claims 3 to 5, characterised in that the cooling element (56) comprises an annular mat whose dimensions are to those of the peripheral restraining zone (58), housing at least one channel (60) for channelling refrigerating or cooling fluid.

15

8. Apparatus according to one of claims 3 to 7, characterised in that it comprises a membrane (68) for being applied in an air-tight manner over the component (20) by covering the heated carpet (46) and the cooling element (56), and also a vacuum pump (72) for applying a reduced pressure to the space delimited by the membrane.

20

9. Apparatus according to one of claims 3 to 8, characterised in that the thermal control means comprise temperature probes (32, 52, 64) associated respectively with the heated shaping unit (18), the heated carpet (46) and the cooling element (56).

30

10. Apparatus according to one of claims 3 to 9, characterised in that the thermal control means comprise means (30) for adjusting the temperature of the heated shaping unit (18), the temperature and duration of the operation of the heated carpet (46) and the temperature of

35

THIS PAGE BLANK (USPTO,

the cooling element (56).

THIS PAGE BLANK (USPTO)